



## Niveaux de spin élevé dans le noyau $^{64}\text{Zn}$

J.F. Bruandet, F. Glasser, M. Agard, A. Giorni, J.P. Longequeue, Ung Chan  
Tsan

### ► To cite this version:

J.F. Bruandet, F. Glasser, M. Agard, A. Giorni, J.P. Longequeue, et al.. Niveaux de spin élevé dans le noyau  $^{64}\text{Zn}$ . Journal de Physique Lettres, 1976, 37 (4), pp.63-66. 10.1051/jphyslet:0197600370406300 . jpa-00231238

**HAL Id: jpa-00231238**

**<https://hal.science/jpa-00231238>**

Submitted on 1 Jan 1976

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification  
 Physics Abstracts  
 4.220 — 4.420

## NIVEAUX DE SPIN ÉLEVÉ DANS LE NOYAU $^{64}\text{Zn}$

J. F. BRUANDET, F. GLASSER, M. AGARD, A. GIORNI, J. P. LONGEQUEUE  
 et TSAN UNG CHAN

Institut des Sciences Nucléaires, BP 257, 38044 Grenoble Cedex, France

(Reçu le 2 décembre 1975, révisé le 16 janvier 1976, accepté le 9 février 1976)

**Résumé.** — Un schéma de niveaux a été obtenu pour le noyau  $^{64}\text{Zn}$ , en spectroscopie  $\gamma$  sur faisceau, par l'étude de la réaction  $^{62}\text{Ni}(\alpha, 2n\gamma)$ . Les caractéristiques  $J^\pi = 6^+$  et  $7^{(-)}$  sont proposées pour les niveaux à 4 236 keV et 4 635 keV respectivement. La vie moyenne ( $\tau = 130 \pm 15$  ps) de la transition  $E_\gamma = 641$  keV désexcitant le niveau à 4 635 keV a été mesurée par la méthode du parcours de recul dans la réaction  $^{55}\text{Mn}(^{12}\text{C}, p 2n\gamma)$ .

**Abstract.** — A level scheme of the  $^{64}\text{Zn}$  nucleus has been established from the study of the  $^{62}\text{Ni}(\alpha, 2n\gamma)$  reaction by in-beam gamma spectroscopy. We propose the quantum numbers  $J^\pi = 6^+$  for the 4 236 keV level and  $J^\pi = 7^{(-)}$  for the 4 635 keV level. The mean life ( $\tau = 130 \pm 15$  ps) of the 641 keV  $\gamma$ -ray de-exciting the 4 635 keV level has been measured by the recoil-distance method using the  $^{55}\text{Mn}(^{12}\text{C}, p 2n\gamma)$  reaction.

**1. Introduction.** — Nous avons entrepris l'étude systématique des isotopes pairs des zincs par spectroscopie  $\gamma$  [1, 2]. La couche de neutrons  $1g_{9/2}$  est suffisamment voisine de la couche  $1f_{5/2}$  [3] pour que l'on puisse espérer mettre en évidence, dans ces noyaux, des niveaux de spin élevé à une énergie d'excitation de quelques MeV. Dans ce but, nous avons étudié pour plusieurs énergies incidentes, la formation du noyau de  $^{64}\text{Zn}$  par les réactions  $^{54}\text{Fe}(^{12}\text{C}, 2p\gamma)^{64}\text{Zn}$  ( $E_{^{12}\text{C}} = 36$  à 48 MeV) et  $^{62}\text{Ni}(\alpha, 2n\gamma)^{64}\text{Zn}$  ( $E_\alpha = 22$  à 35 MeV) : l'expérience a montré que dans ces deux réactions les mêmes niveaux étaient atteints avec des intensités d'alimentation du même ordre [1]. Nous présentons ici essentiellement la cascade  $\gamma$  la plus intense ainsi que le résultat d'une mesure de durée de vie par la méthode du parcours de recul.

**2. Spectroscopie du noyau  $^{64}\text{Zn}$  par la réaction  $^{62}\text{Ni}(\alpha, 2n\gamma)$ .** — Nous avons utilisé les faisceaux de particules  $\alpha$  accélérées par le cyclotron de Grenoble, une cible autoporteuse de  $^{62}\text{Ni}$  ( $700 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) enrichie à 99,4 % et des détecteurs Ge(Li) ( $30$  à  $60 \text{ cm}^3$ ) ayant une résolution typique de 3 keV à 1,33 MeV. Quatre types de mesure ont été effectués : 1) Des coïncidences  $\gamma$ - $\gamma$  promptes et retardées [4] à l'énergie  $E_\alpha = 31$  MeV : la figure 1 montre le spectre de coïncidences totales  $\gamma$ - $\gamma$  et quelques spectres en coïncidence avec des raies  $\gamma$  du  $^{64}\text{Zn}$ . 2) Des fonctions d'excitation pour des énergies  $E_\alpha$  variant de 22 à 40 MeV (Fig. 2) : ces fonctions croissent avec l'énergie  $E_\alpha$  d'autant plus fortement que la raie  $\gamma$  considérée correspond à la désexcitation d'un niveau de spin d'autant plus élevé.

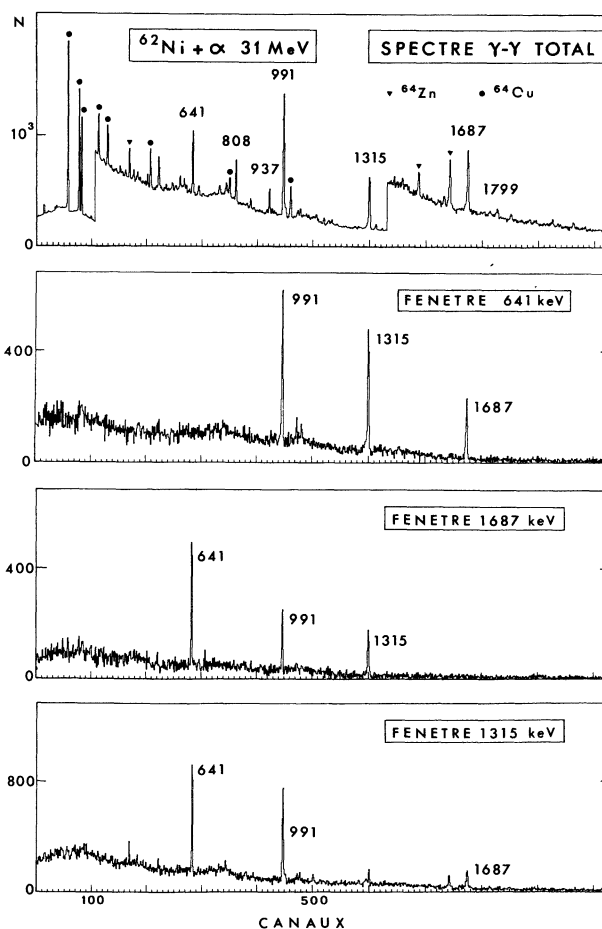


FIG. 1. — Spectres de coïncidences  $\gamma$ - $\gamma$  obtenus dans la réaction  $^{62}\text{Ni} + \alpha$  à  $E_\alpha = 31$  MeV.

TABLEAU I

Résultats des distributions angulaires dans  $^{64}\text{Zn}$

Transition			Coefficients de distribution angulaire <sup>(a)</sup>		Mélange $\delta$ <sup>(b)</sup> Multipolarité
$E_\gamma$	$J_i$	$J_f$	$A_2 \pm \Delta A_2$	$A_4 \pm \Delta A_4$	
991	$2^+$	$0^+$	$0,177 \pm 0,015$	$-0,121 \pm 0,022$	$E_2$ pure
1 315	$4^+$	$2^+$	$0,280 \pm 0,022$	$-0,123 \pm 0,033$	$E_2$ pure
1 687	$6^+$	$4^+$	$0,345 \pm 0,029$	$-0,174 \pm 0,043$	$E_2$ pure
641	$7^-$	$6^+$	$-0,343 \pm 0,026$	$-0,071 \pm 0,037$	$L = 1$ pure
808	$2^+$	$2^+$	$-0,216 \pm 0,026$	$-0,071 \pm 0,037$	$-0,57 - 0,27$ $+ 0,13$
937	$4^+$	$2^+$	$0,263 \pm 0,015$	$-0,135 \pm 0,023$	$E_2$ pure

<sup>(a)</sup>  $W(\theta) = 1 + A_2 P_2(\cos \theta) + A_4 P_4(\cos \theta)$ .  
<sup>(b)</sup> Erreur sur  $\delta$  déterminée en considérant un écart standard de variation par rapport à  $\chi^2_{\min}$ .

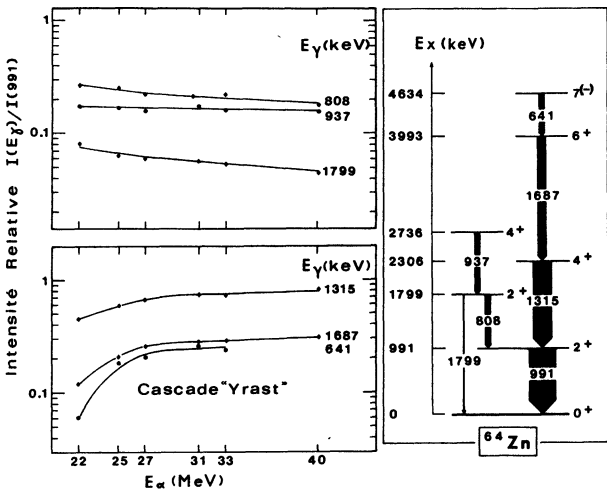


FIG. 2. — Fonctions d'excitation relatives de quelques transitions  $\gamma$  dans le noyau  $^{64}\text{Zn}$  et schéma de niveaux partiel.

3) Des distributions angulaires  $\gamma$  à  $E_\alpha = 31$  MeV dont l'analyse est résumée dans le tableau I. 4) Une détection des raies  $\gamma$  retardées par observation du spectre  $\gamma$  dans l'intervalle de temps (70 ns) compris entre deux impulsions de faisceau : aucune raie  $\gamma$

retardée de période  $> 5$  ns n'a été mise en évidence dans le noyau  $^{64}\text{Zn}$ .

3. Mesure des périodes de décroissance des raies  $\gamma$ . — Cette mesure a été effectuée par la méthode du parcours de recul basée sur l'utilisation de l'effet Doppler [5]. Les réactions avec ions lourds sont particulièrement adaptées à ce type de mesures : ayant eu des difficultés pour réaliser une cible très plane de  $^{54}\text{Fe}$ , nous avons remplacé la réaction  $^{54}\text{Fe}(^{12}\text{C}, 2p\gamma)$  par la réaction  $^{55}\text{Mn}(^{12}\text{C}, p2n\gamma)$  à  $E_{^{12}\text{C}} = 35$  MeV (cible de  $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  de  $^{55}\text{Mn}$ , déposée sur un support d'or de  $1 \text{ mg}/\text{cm}^2$ ). L'appareillage [6] est constitué d'un stoppeur en tungstène dont la surface a une planéité meilleure que  $0,1 \mu$  sur un diamètre de 10 mm et d'un chariot portant la cible, dont la translation autorise des déplacements de 0 à 4 mm avec une sensibilité de position de  $0,5 \mu$ . Le système de tension de la cible est tel que les défauts de planéité n'excèdent pas  $0,5 \mu$  et le réglage du parallélisme des plans de la cible et du stoppeur est réalisé par une méthode optique d'autocollimation avec une précision angulaire meilleure que  $10''$ . La mesure de la distance cible-stoppeur est effectuée à l'aide d'un

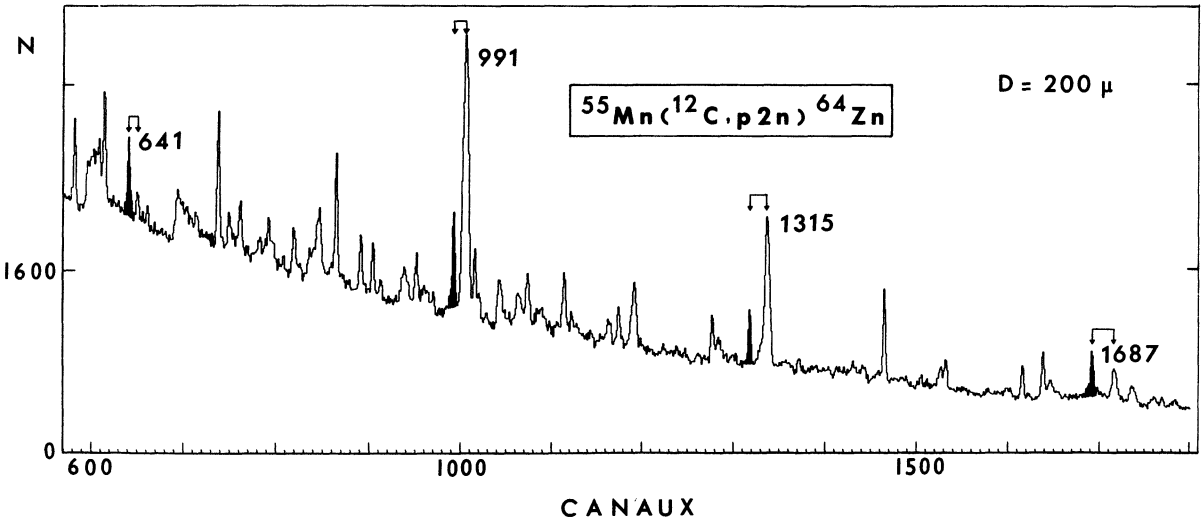


FIG. 3. — Spectre  $\gamma$  libre obtenu dans la réaction  $^{55}\text{Mn} + ^{12}\text{C}$  à  $E_{^{12}\text{C}} = 35$  MeV.

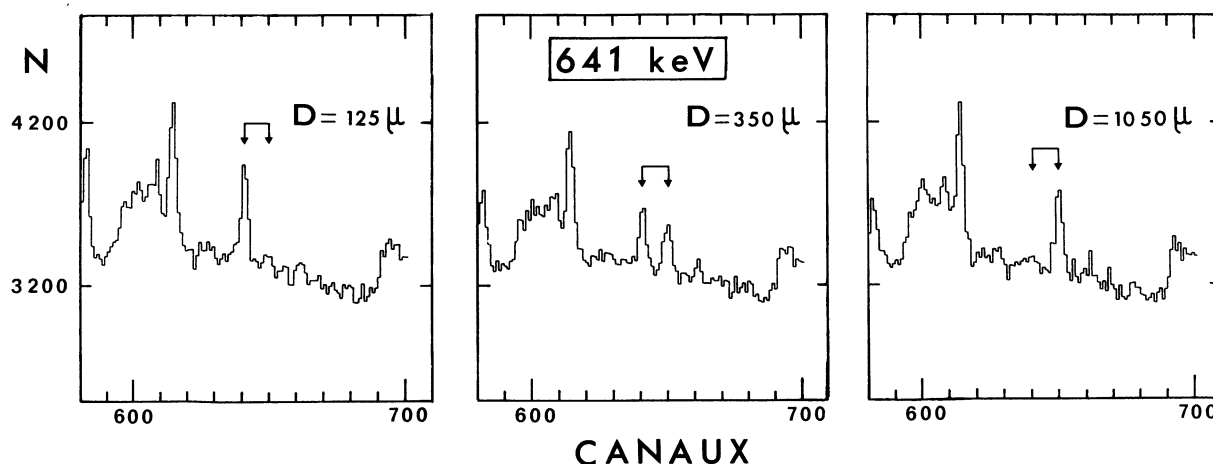


FIG. 4. — Echantillons de spectres  $\gamma$  de la réaction  $^{55}\text{Mn}(^{12}\text{C}, p 2n)$  à 35 MeV montrant le déplacement de la raie  $E_\gamma = 641$  keV en fonction de la distance cible-stoppeur.

comparateur ayant une précision de  $1 \mu$ ; afin de connaître avec précision la distance zéro et pour contrôler les variations de cette distance, une méthode de mesure capacitive a été utilisée. Cet appareillage [6] a été testé sur des mesures de durée de vie dans  $^{41}\text{Ca}$  et  $^{41}\text{K}$ , obtenus par réactions  $^{16}\text{O} + ^{27}\text{Al}$ , publiées récemment [7]. La figure 3 représente l'ensemble du spectre  $\gamma$  enregistré à  $0^\circ$  par rapport au faisceau pour une distance cible-stoppeur  $D = 200 \mu$ , et la figure 4 montre le déplacement Doppler de la raie  $E_\gamma = 641$  keV (dans  $^{64}\text{Zn}$ ) pour différentes distances  $D$ . La courbe de décroissance de cette raie est présentée sur la figure 5 : elle correspond à une vie moyenne

$$\tau = 130 \pm 15 \text{ ps},$$

calculée à partir de la relation

$$\frac{I_0}{I_0 + I_s} = e^{-D/v\tau}$$

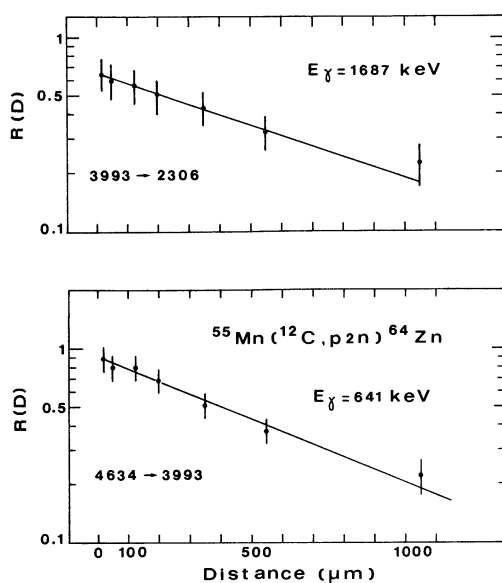


FIG. 5. — Intensité relative  $R(D) = \frac{I_0}{I_0 + I_s}$  du pic non déplacé pour chacune des raies  $E_\gamma = 1687$  keV et  $E_\gamma = 641$  keV.

dans laquelle  $I_s$  et  $I_0$  sont respectivement les intensités de la raie  $\gamma$  déplacée (émise par les noyaux excités de  $^{64}\text{Zn}$  reculant dans le vide avec la vitesse  $v$ ) et de la raie  $\gamma$  non déplacée (émise par les noyaux de  $^{64}\text{Zn}$  arrêtés dans le stoppeur). L'allure de cette courbe de décroissance montre que les périodes des transitions  $\gamma$  alimentant le niveau à 4635 keV sont négligeables devant la période de cet état. Nous avons d'ailleurs pu vérifier expérimentalement que la principale transition, d'énergie  $E_\gamma = 1046$  keV, alimentant ce niveau a une durée de vie beaucoup plus faible.

De la courbe de décroissance (Fig. 5) de la transition  $E_\gamma = 1687$  keV, nous avons déduit, après soustraction de la contribution due à la raie de 641 keV [5], une limite supérieure  $\tau \leq 20$  ps pour la vie moyenne du niveau à 3993 keV.

**4. Discussion des résultats.** — Nos résultats sont résumés sur la figure 2. Les niveaux à 991 keV et 2306 keV sont connus [8] comme ayant les caractéristiques  $J^\pi = 2^+$  et  $4^+$  respectivement. Pour le niveau à 3993 keV, nous avons proposé [1] les caractéristiques  $J^\pi = 6^+$  sur la base des considérations suivantes : 1) L'analyse de la distribution angulaire et la croissance de la fonction d'excitation, pour la raie  $\gamma$  de 1687 keV, ainsi que l'absence de transitions  $\gamma$  vers les niveaux  $0^+$  et  $2^+$  à plus basse énergie, sont en faveur d'un spin  $J = 6$ . 2) La limite supérieure de la vie moyenne ( $\tau < 20$  ps) de la raie  $\gamma$  de 1686 keV, exclut la caractéristique M2 pour cette transition [9], c'est-à-dire exclut une parité négative pour ce niveau. Ce résultat a été confirmé par R. O. Sayer *et al.* [10] qui ont étudié le noyau  $^{64}\text{Zn}$  par la réaction  $^{51}\text{V}(^{16}\text{O}, p 2n\gamma)$  et ont proposé  $J^\pi = 6^{(+)}$  pour ce niveau. Pour le niveau à 4635 keV, nous proposons avec les mêmes arguments que précédemment la caractéristique  $J = 7$ . La mesure de la vie moyenne de la raie  $E_\gamma = 641$  keV ( $\tau = 130 \pm 15$  ps) conduit dans l'hypothèse d'une transition M1 à une intensité de  $10^{-3}$  unité Weisskopf, c'est-à-dire à une valeur

extrême du facteur de retard pour ce type de transition [11]; nous proposons donc de considérer qu'il s'agit d'une transition E1 et d'attribuer une parité négative au niveau à 4 635 keV, c'est-à-dire les caractéristiques  $J^\pi = 7^-$ . Une interprétation théorique élémentaire de ce niveau (analogue à celles que nous avons faites pour le noyau  $^{66}\text{Zn}$  [2]) consiste à consi-

dérer qu'il s'agit de la configuration  $[1f_{5/2} \cdot 1g_{9/2}]^{J^\pi=7^-}$  en neutrons.

**Remerciements.** — Nous remercions M. le Pr. A. Gallmann et son équipe pour les conseils qu'ils nous ont donnés dans la réalisation de notre appareillage de mesure de durée de vie.

### Bibliographie

- [1] BRUANDET, J.-F., TSAN UNG CHAN, LONGQUEUE, J.-P., AGARD, M. et GIORNI, A., *J. Physique Colloq.* **35** (1974) C5-2; Proc. Int. Symp. on Highly Excited States in Nuclei, Jülich (1975), vol. 1, p. 40.
- [2] BRUANDET, J.-F., AGARD, M., GIORNI, A., LONGQUEUE, J.-P., MORAND, C. et TSAN UNG CHAN, à paraître dans *Phys. Rev.* (Dec. 1975)
- [3] VON EHRENSTEIN, D. and SCHIFFER, J.-P., *Phys. Rev.* **164** (1967) 1374.
- [4] TSAN UNG CHAN, AGARD, M., BRUANDET, J.-F., GIORNI, A. and LONGQUEUE, J.-P., à paraître dans *Nucl. Phys.*
- [5] *Nuclear Spectroscopy and Reactions*, Part C. Edited by Cerny, J. (Academic Press) 1974, p. 341.
- [6] GLASSER, F., Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Université de Grenoble (1975).
- [7] LIEB, K. P., UHRMACHER, M., DAUK, J. and KLEINFELD, A. M., *Nucl. Phys. A* **223** (1974) 445.
- [8] AUBLE, R. L., *Nucl. Data Sheets* **12** (1974) 305.
- [9] LETESSIER, J. et FOUCHER, R., *Ann. Phys. (Paris)* **4** (1969) 55.
- [10] SAYER, R. O., ROBINSON, R. L., MILNER, W. T. and SMITH, G. J., Int. Conf. on Reactions between Complex Nuclei, Nashville, vol. 1 (Amsterdam, North-Holland) 1974, p. 192.
- [11] SKORKA, S. J., HERTEL, J. and RETZ-SCHMIDT, J. W., *Nuclear Data, Sect. A* **2** (1966) n° 4.
- ENDT, P. M. and VAN DER LEUN, C., *Nucl. Data Tables* **13** (1974) 67.